

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-148491

(43)Date of publication of application : 22.05.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/42  
 B23K 26/00  
 B23K 26/08  
 G02B 6/04  
 H01S 5/024  
 H01S 5/40

(21)Application number : 2000-346741

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 14.11.2000

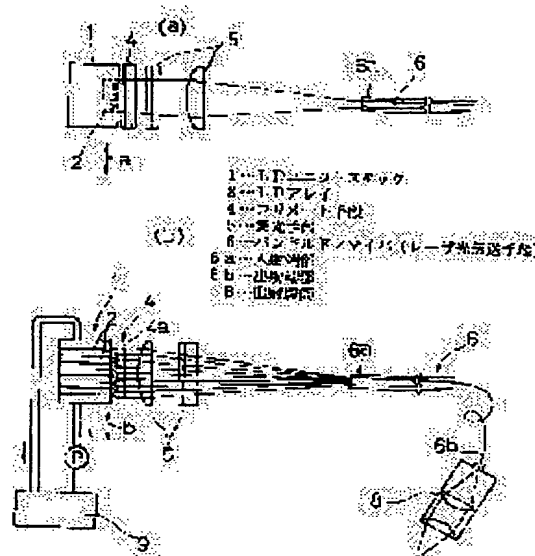
(72)Inventor : YUUKI HARUHIRO  
 SAKURAI TSUTOMU

## (54) SEMICONDUCTOR LASER PROCESSING EQUIPMENT AND ITS ADJUSTMENT METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide semiconductor laser processing equipment with high power which highly condenses an LD light beam to couple fibers.

SOLUTION: The semiconductor laser processing equipment is composed of an LD array stack 1 which stacks tabular LD units 2a having an LD array 2 provided with LD elements in the shape of a bar in the direction of a slow axis, a collimating means 4 which linearly collimates laser beams emitted from each LD array 2, a condensing means 5 to condense collimated laser beams, and a plurality of optical fibers. An end surface in which the condensed laser beams are made incident disposes the optical fiber linearly. An emission end surface is provided with banded fibers 6 which disposed the optical fibers in a round shape, and an emission lens barrel 8 connected to the emission end surface of the banded fibers 6.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-148491

(P2002-148491A)

(43) 公開日 平成14年5月22日 (2002.5.22)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 2 B 6/42		G 0 2 B 6/42	2 H 0 3 7
B 2 3 K 26/00		B 2 3 K 26/00	Z 2 H 0 4 6
26/08		26/08	K 4 E 0 6 8
G 0 2 B 6/04		G 0 2 B 6/04	B 5 F 0 7 3
			Z

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-346741(P2000-346741)

(22) 出願日 平成12年11月14日 (2000.11.14)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 結城 治宏

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 櫻井 努

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100080827

弁理士 石原 勝

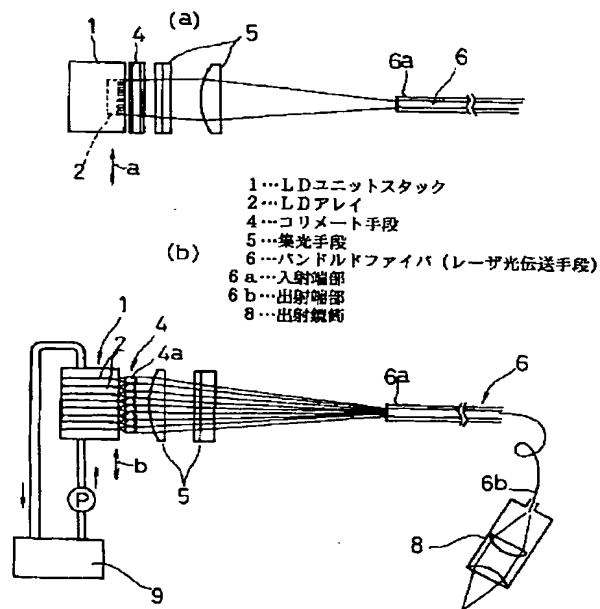
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ加工装置及びその調整方法

(57) 【要約】

【課題】 LD光を高集光させてファイバカップリングした高出力の半導体レーザ加工装置を提供する。

【解決手段】 LD素子をスロウアクシス方向にバー状に設けたLDアレイ2を有する平板状LDユニット2aを積み重ねて設けたLDアレイスタック1と、各LDアレイ2から出射したレーザビームをラインコリメートするコリメート手段4と、コリメートされたレーザビームを集光する集光手段5と、複数の光ファイバから成り、集光されたレーザビームが入射する端面はこの光ファイバを直線状に配置し、出射端面は前記光ファイバを丸形に配置したバンドルドファイバ6と、バンドルドファイバ6の出射端面に接続した出射鏡筒8とを設けた。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザダイオード素子をスロウアクシス方向にバー状に設けたLDアレイを有する平板状LDユニットと、この平板状LDユニットを積み重ねて設けたLDユニットスタックと、各平板状LDユニットから出射したレーザビームをラインコリメートするコリメート手段と、コリメートされたレーザビームを集光する集光手段と、複数の光ファイバから成り、集光されたレーザビームが入射する端面はこの光ファイバを直線状に配置し、出射端面は前記光ファイバを丸形に配置したバンドルドファイバと、バンドルドファイバの出射端面に接続した出射鏡筒とを設けたことを特徴とする半導体レーザ加工装置。

【請求項2】 バンドルドファイバは、入射端部がバンドル具によって束ねられており、このバンドル具が冷却機能を有することを特徴とする請求項1記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項3】 バンドルドファイバを構成する各光ファイバの入射端部の側面の一侧又は両側が鏡面状態にカットされており、この面と隣接する光ファイバを接触させたことを特徴とする請求項1又は2記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項4】 バンドルドファイバを構成する各光ファイバの出射端部の側面の一侧又は両側が鏡面状態にカットされており、この面と隣接する光ファイバを接触させたことを特徴とする請求項3記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項5】 LDユニットスタックの発光面とバンドルドファイバの入射端面間の距離を、このバンドルドファイバへのレーザビームの入射が光ファイバの入射NAより小さい入射角になるように設定したことを特徴とする請求項1～4の何れかに記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項6】 集光手段は、ラインコリメートされたレーザビームをLDアレイの幅方向に分割し、この分割されたレーザビームを重ね合わせるビーム結合光学系を有することを特徴とする請求項1～5の何れかに記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項7】 集光手段は、ラインコリメート後のレーザビームより大きな円弧入射曲面を有し、出射端面が円弧の中心近傍で平面カットされた扇形カライドレンズを有することを特徴とする請求項1～5の何れかに記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項8】 扇形カライドレンズを複数設け、この複数の扇形カライドレンズから出射したレーザビームが入射端面に入射する複数の光ファイバと、この複数の光ファイバの出射端面に接続した出射鏡筒を設けたことを特徴とする請求項7記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項9】 3本の光ファイバの出射端部の側面を120°の角度で2面カットして三葉状に重ね合わせたこ

とを特徴とする請求項8記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項10】 レーザダイオード素子の出射方向を1箇所集中し、かつ光ファイバのNA以下の角度を持つ扇形に配設したLDアレイを有する平板状LDユニットと、この平板状LDユニットから出射したレーザビームの幅より大きな円弧入射曲面を有し、出射端面が円弧の中心近傍で平面カットされた扇形カライドレンズと、この扇形カライドレンズから出射したレーザビームが入射端面に入射する光ファイバと、この光ファイバの出射端面に接続した出射鏡筒とを設けたことを特徴とする半導体レーザ加工装置。

【請求項11】 LDアレイを積み重ね、1秒間連続点灯で50J以上の出力であるとともに、各LDアレイ間に水冷のマイクロチャンネルを形成したLDアレイスタックを設けたことを特徴とする請求項1～10の何れかに記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項12】 点灯デューティとパルス幅をシュミレーションチェックして得られたレーザダイオード素子の破損条件を、入力禁止にしたLD動作設定手段を設けたことを特徴とする請求項1～11の何れかに記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項13】 LDアレイ動作中の点灯デューティと、パルス幅と、LD電流と、LD温度とをリアルタイムで測定する手段と、LD電流を制限する手段とを備えたことを特徴とする請求項1～12の何れかに記載の半導体レーザ加工装置。

【請求項14】 レーザダイオード素子をスロウアクシス方向にバー状に設けたLDアレイを有する平板状LDユニットを積み重ねて設けたLDユニットスタックの、各平板状LDユニットから出射したレーザビームをラインコリメートし、コリメートされたレーザビームを光ファイバに集光し、この光ファイバから出射されたレーザビームのレーザパワーを測定する工程と、ラインコリメートする光学系をアライメントして、この測定したレーザパワーを最大にする工程とを有することを特徴とする半導体レーザ加工装置の調整方法。

【請求項15】 ラインコリメートする光学系が、各LDアレイ毎に設けたファストアクシスコリメータレンズと、各レーザダイオード素子毎に設けたスロウアクシスコリメータレンズとを有し、このファストアクシスコリメータレンズとスロウアクシスコリメータレンズをアライメントすることを特徴とする請求項14記載の半導体レーザ加工装置の調整方法。

【請求項16】 レーザダイオード素子をスロウアクシス方向にバー状に設けたLDアレイを有する平板状LDユニットを積み重ねて設けたLDユニットスタックの、各平板状LDユニットから出射したレーザビームを、各LDアレイ毎に設けたファストアクシスコリメータレンズと、各レーザダイオード素子毎に設けたスロウアクシスコリメータレンズとでラインコリメートし、このコリ

メートされたレーザビームのビーム形状を、LDアレイの出射端面と平行に配置した基準板で測定する工程と、前記ファストアクシスコリメータレンズとスロウアクシスコリメータレンズをアライメントして、この測定したビーム形状を所定の形状にする工程とを有することを特徴とする半導体レーザ加工装置の調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザ加工装置に関し、特にレーザダイオード素子（LD素子）を用いて金属溶接、ワイヤ切断、各種スクライビング、割断、トリミング等の加工を行う半導体レーザ加工装置及びその調整方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、金属溶接やワイヤ切断等の加工を行うレーザ加工装置においては、高いレーザパワー密度を得る必要があるために、CO<sub>2</sub>レーザやYAGレーザが用いられている。

【0003】一方、LD素子からのレーザ光をダイレクト集光して加工する半導体レーザ加工装置としては、記録体のアルミ蒸着膜に対するバーコードバターニング装置などが知られている。そのバーコードバターニング装置を図8を参照して説明すると、複数のレーザダイオード素子（以下、LD素子と記す）を同一出射方向に向けて一列に配設してなるLDアレイ21と、各LD素子からのレーザ光を平滑化してライン状にするスムージング用シリンドリカルレンズ22と、カップリング用集光レンズ23とをケーシング24内に同一軸芯上に配設して隣接するLD素子からのレーザ光が記録体25上で一部重なってバー幅方向にライン状になるようにし、LDアレイ21を制御手段26にてオン・オフ制御するように構成されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、CO<sub>2</sub>レーザやYAGレーザが用いたレーザ加工装置は、装置構成が複雑で大型化し、コスト高となるという問題がある。

【0005】一方、LD光による加工は、その変換効率の良さとメンテナンス性の良さから各種加工への応用が期待されるが、上記のようなアルミ蒸着膜のトリミングのような比較的加工エネルギーの小さな加工に対しては、LDダイレクト集光でも加工可能であるが、切断加工や溶接加工といった加工が可能なほどのレーザパワーは得られず、そのようなレーザ加工装置は実現できなかった。

【0006】ハイパワーを得るためには、LD素子の数を増やしてやればよいが、発光面積が大きくなること、及びLD光が拡散光であることによる集光性の悪さから、ファイバへの入射が困難で実用できていない。

【0007】個々のLD素子の発光面は厚み（ファストアクシス）方向が1μmであり、十分な出力を得るには

幅（スロウアクシス）方向に約100μmが必要であり、LDアレイから出た出射光は線光源の破線状の集合体である。このような光源の場合、出射光をコリメートした後集光しても、ファストアクシス方向に比してスロウアクシス方向の集光性が悪く、LDアレイを積み重ねたLDアレイスタックからのLD光の出射面積が10mm（スロウアクシス）×20mm（ファストアクシス）の場合、集光した後のスポット形状は例えば2mm×0.03mmの長円になる。

【0008】この断面長円の光をファイバ伝達する手段としては、まずビームの長径が入るような径（例えばφ2mm）の光ファイバを用意すればよいが、光ファイバ径を大きくすると、ファイバ伝達後の出射光を集光する時点での集光性が落ちてしまい、必要なスポット径やエネルギー密度が得られないという問題がある。

【0009】また、より高集光のレンズで光ファイバ端面に集光することで、光ファイバへの入射面積を小さくすることは可能であるが、そうするとビームの絞りが急になるため、光ファイバのNAを越えてしまい、エネルギー伝達が出来なくなってしまうという問題がある。

【0010】また、入射側は長円形（2mm×0.03mm）で出射側が短径（0.03mm）の円形になっているような光ファイバを用いることで解決できるように思われるが、その場合光ファイバの壁面が平行でなくなるので、光ファイバ内部での光の反射角度が徐々に鋭角になってやがて光がファイバ壁面を突き抜けてしまい、出射端までレーザ光を伝送することができないという問題がある。

【0011】本発明は、上記従来の問題に鑑み、多数のLDチップからのレーザ光を集光して光ファイバに入射させ、出射鏡筒により高集光が得られ、大きな加工エネルギーを要する金属溶接や切断といった加工が可能な半導体レーザ加工装置及びその調整方法を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ加工装置は、レーザダイオード素子をスロウアクシス方向にバー状に設けたLDアレイを有する平板状LDユニットと、この平板状LDユニットを積み重ねて設けたLDユニットスタックと、各平板状LDユニットから出射したレーザビームをラインコリメートするコリメート手段と、コリメートされたレーザビームを集光する集光手段と、複数の光ファイバから成り、集光されたレーザビームが入射する端面はこの光ファイバを直線状に配置し、出射端面は前記光ファイバを丸形に配置したバンドルドファイバと、バンドルドファイバの出射端面に接続した出射鏡筒とを設けたものであり、バンドルドファイバの入射端で長円形のLD光を出射端で丸形にして出射鏡筒で集光することによってエネルギー密度の高いレーザビームが得られ、レーザビームにて金属溶接や切断加工と

いったハイパワーを要する加工が可能となり、また従来のYAGレーザを用いた場合に比較して設備ユニットのコンパクト化、高メンテナンス性、冷却チラーの低容量化を達成することができる。

【0013】また、バンドルドファイバが、入射端部がバンドル具によって束ねられており、このバンドル具が冷却機能を有すると、直線状に配置された各光ファイバの隙間に当たったレーザ光により接着剤が熱せられ、その溶融物や発生したガスが光ファイバ端面に付着し、そこにレーザ光が当たることにより受けるダメージを防ぐことができ、さらに水冷機構を持つことにより、光ファイバに入射し損ねたエネルギーを取り除くことができる。

【0014】また、バンドルドファイバを構成する各光ファイバの入射端部の側面の一侧又は両側が鏡面状態にカットされており、この面と隣接する光ファイバを接触させ、またバンドルドファイバを構成する各光ファイバの出射端部の側面の一侧又は両側が鏡面状態にカットされており、この面と隣接する光ファイバを接触させると、カップリング効率を向上することができる。

【0015】また、好適にはLDユニットスタックの発光面とバンドルドファイバの入射端面間の距離は、このバンドルドファイバへのレーザビームの入射が光ファイバの入射NAより小さい入射角になるように設定される。

【0016】また、集光手段が、ラインコリメートされたレーザビームをLDアレイの幅方向に分割し、この分割されたレーザビームを重ね合わせるビーム結合光学系を有すると、光ファイバの入射端面に集光するための集光レンズに入射するレーザビームのスロウアクシス方向の長さを短くでき、光ファイバの入射端面における集光性が上がることにより、カップリング効率を上げることができる。

【0017】また、集光手段が、ラインコリメート後のレーザビームより大きな円弧入射曲面を有し、出射端面が円弧の中心近傍で平面カットされた扇形カライドレンズを有すると、扇形カライドレンズにて集光性の悪いスロウアクシス方向に対しても集光性が上がることにより、カップリング効率を上げることができる。

【0018】また、扇形カライドレンズを複数設け、この複数の扇形カライドレンズから出射したレーザビームが入射端面に入射する複数の光ファイバと、この複数の光ファイバの出射端面に接続した出射鏡筒を設けると、LDユニットスタックからのレーザビームをカップリング効率光ファイバの入射端面に入射させることができ、出射鏡筒からエネルギー密度の高いレーザビームを得ることができる。

【0019】また、3本の光ファイバの出射端部の側面を120°の角度で2面カットして三葉状に重ね合わせると、集光性良く出射鏡筒に接続できてエネルギー密度

の高いレーザビームを得ることができる。なお、4本の光ファイバの出射端部の側面を90°の角度で2面カットして四葉状に重ね合わせることもできる。

【0020】また、レーザダイオード素子の出射方向を1箇所集中し、かつ光ファイバのNA以下の角度を持つ扇形に配設したLDアレイを有する平板状LDユニットと、この平板状LDユニットから出射したレーザビームの幅より大きな円弧入射曲面を有し、出射端面が円弧の中心近傍で平面カットされた扇形カライドレンズと、この扇形カライドレンズから出射したレーザビームが入射端面に入射する光ファイバと、この光ファイバの出射端面に接続した出射鏡筒とを設けると、各レーザダイオード素子からのレーザ光を扇形カライドレンズにて光ファイバの入射端に確実に入射させ、出射鏡筒からエネルギー密度の高いレーザビームを得ることができる。

【0021】好適には、LDアレイを積み重ね、1秒間連続点灯で50J以上の出力であるとともに、各LDアレイ間に水冷のマイクロチャンネルを形成したLDユニットスタックを設けた構成とされ、また点灯デューティとパルス幅をシュミレーションチェックして得られたレーザダイオード素子の破損条件を、入力禁止にしたLD動作設定手段を設けた構成とされ、またLDアレイ動作中の点灯デューティと、パルス幅と、LD電流と、LD温度とをリアルタイムで測定する手段と、LD電流を制限する手段とを備えた構成とされ、所要のハイパワーのレーザビームを出力する半導体レーザ加工装置を安定的に動作させることができる。

【0022】また、本発明の半導体レーザ加工装置の調整方法は、レーザダイオード素子をスロウアクシス方向にバースタに設けたLDアレイを有する平板状LDユニットを積み重ねて設けたLDアレイスタックの、各平板状LDユニットから出射したレーザビームをラインコリメートし、コリメートされたレーザビームを光ファイバに集光し、この光ファイバから出射されたレーザビームのレーザパワーを測定する工程と、ラインコリメートする光学系をアライメントして、この測定したレーザパワーを最大にする工程とを有するものであり、またラインコリメートする光学系が、各LDアレイ毎に設けたファストアクシスコリメータレンズと、各レーザダイオード素子毎に設けたスロウアクシスコリメータレンズとを有する場合に、このファストアクシスコリメータレンズとスロウアクシスコリメータレンズをアライメントするものであり、最適アライメント位置を実際の光ファイバの透過率に対する最適条件で合わせ込むことができる。

【0023】また、コリメートされたレーザビームのビーム形状を、LDアレイの出射端面と平行に配置した基準板で測定する工程と、ファストアクシスコリメータレンズとスロウアクシスコリメータレンズをアライメントして、この測定したビーム形状を所定の形状にする工程によっても、最適なアライメント位置に確実に調整する

ことができる。

【0024】

【発明の実施の形態】（第1の実施形態）以下、本発明の半導体レーザ加工装置の第1の実施形態について、図1、図2を参照して説明する。

【0025】図1、図2において、1は複数のLDアレイ2が積み重ね配置されたレーザ光出射手段としてのLDユニットスタックである。LDアレイ2は、図2に示すように、多数のLD素子（レーザダイオード素子）3をそのスロウアクシス方向（a方向）に一列状に配設したもので、水冷のマイクロチャネルを備えた筐体内に配設されて平板状LDユニット2aとして構成されている。LDユニットスタック1の各LDアレイ2をこのマイクロチャネルを通して冷却チャネル9にて冷却するように構成されている。4は各LD素子3からのレーザ光の広がり制御するコリメート手段、5はコリメートされたレーザ光をレーザ光伝送手段6の入射端面に集光させる集光手段、6はレーザ光を任意の位置に導くレーザ光伝送手段であり、本実施形態では石英ガラスファイバから成る複数の光ファイバ7（図4参照）を集合してなるバンドルドファイバにて構成されている。なお、集光手段5によっては単一の光ファイバ7にて構成することもできる。8はレーザ光伝送手段6から出射されたレーザ光を被加工物上に集光させる出射鏡筒である。

【0026】LD素子3は $1\sim 2\mu\text{m}\times 100\mu\text{m}$ の発光面から波長 $600\sim 950\text{nm}$ 、平均出力 $0.5\sim 5\text{W}$ のレーザ光を発振する。LDアレイ2にはLD素子3が $10\sim 100$ 個一列に配設され、平均出力 $100\text{W}$ の $1\sim 2\mu\text{m}\times 10\text{mm}$ の発光面が形成される。LDアレイスタック1はLDアレイ2を $10\sim 20$ 個ファストアクシス方向（b方向）に積み重ね配置して構成され、平均出力 $600\text{W}$ の $20\text{mm}\times 10\text{mm}$ なる発光面を形成する。

【0027】コリメート手段4は各LD素子3からのレーザ光をファストアクシス方向（b方向）にコリメートするための非球面シリンドリカルレンズから成るファストアクシスコリメータレンズ4aを各LDアレイ2毎に対向するように出射面より $1\sim 2\text{mm}$ の位置に配置し、アライメントして構成されている。このコリメート手段4にてLDアレイスタック1からのレーザ光をファストアクシス方向（b方向）に幅約 $20\text{mm}$ の平行光とする。

【0028】集光手段5は、 $f=50\text{mm}$ の凸集光レンズから成り、 $\text{NA}=0.2$ でバンドルドファイバ6の入射端面に $25\sim 100\mu\text{m}$ に集光される。スロウアクシス方向（a方向）については、光源幅が $100\mu\text{m}$ の線光源であり、完全に平行光とすることは難しく、隣のLD素子3からの出射レーザ光と重なり合い、LDアレイ2の全体として $10\text{mm}$ の線光源と見なすことができ、集光手段5によっては約 $3.3\text{mm}$ 幅までしか集光され

ない。かくして、バンドルドファイバ6の入射端面に対してレーザ光は、例えば $50\mu\text{m}\times 3.3\text{mm}$ に集光される。

【0029】バンドルドファイバ6はこのレーザ光を取り込むため、7本の $\phi 0.5\text{mm}$ の光ファイバを集合して構成され、かつ入射端部6aで7本の光ファイバを一直線状に並べるとともに出射端部6bでは7本の光ファイバを丸形に並べてバンドル径 $\phi 1.5\text{mm}$ としている。そして、出射鏡筒8により $\phi 1.5\text{mm}$ のレーザ光が被加工物上に約 $\phi 0.7\text{mm}$ に集光される。

【0030】以上の実施形態よりもさらに集光密度を上げ、加工点パワーを上げるためには、バンドルドファイバ6の入射端面での集光密度を上げ、またバンドルドファイバ6への取り込みロスを減らす必要がある。

【0031】（第2の実施形態）次に、本発明の第2の実施形態について説明する。なお、以下の実施形態の説明においては、先行する実施形態と同一の構成については説明を省略し、相違点のみを説明する。

【0032】本実施形態では、集光密度を上げる手段として、スロウアクシス方向（a方向）の集光性を高めるため、コリメート手段4として、ファストアクシスコリメータレンズ4a群の直前若しくは直後にスロウアクシスコリメータレンズ（図示せず）を配設している。

【0033】このようにスロウアクシスコリメータレンズを配設することにより、スロウアクシス方向（a方向）の集光性を約1.8倍高めることができ、バンドルドファイバ6の入射端面上でのスロウアクシス方向（a方向）の集光幅を約 $2\text{mm}$ にすることができる。

【0034】（第3の実施形態）本実施形態では、ファストアクシスコリメータレンズ4a及びスロウアクシスコリメータレンズ4bの後において、レーザ光をスロウアクシス方向（a方向）に分割し、分割されたそれぞれのレーザ光を重ね合わせるようにビーム結合光学系10を組み込んでいる。

【0035】このビーム結合光学系10の一例は、LD素子3からのレーザ光が99%以上の直線偏光であることを利用するもので、図3を参照して説明すると、出射光をスロウアクシス方向（a方向）にビームc、dに2分割し、片方のビームcは $\lambda/2$ コート膜又は $\lambda/2$ 板11を透過させることで偏光方向を $90^\circ$ 回転させた後、 $45^\circ$ ミラー12によって折り曲げ、さらに $45^\circ$ 面のPBSコート膜13にてさらに折り曲げる一方、他方のビームdはPBSコート膜13を透過することによって、2分割したビームc、dが重なり合うようにしたもので、スロウアクシス方向（a方向）のレーザ光幅を $1/2$ 、エネルギー密度を2倍とすることができる。これにより、バンドルドファイバ6の入射端面上でのスロウアクシス方向（a方向）の集光幅を半分にするこ

き、約1mmとなる。

【0036】なお、この実施形態ではバンドルドファイバ6の出射端面では、 $100\mu\text{m}\times 1\text{mm}$ のビームに集光されるので、コア径 $\phi 1\text{mm}$ の1本の光ファイバから成るレーザ光伝送手段6を用いて伝送することもでき、その場合出射鏡筒8によって約 $\phi 0.5\text{mm}$ のスポット径で被加工物上に集光することができるが、次の第4の実施形態によりさらに集光性を向上できる。

【0037】(第4の実施形態)本実施形態では、第3の実施形態によって得られた $100\mu\text{m}\times 1\text{mm}$ のレーザ光を伝送する手段としてバンドルドファイバ6を改良することによって集光スポット径を小さくしてピークエネルギーを上げている。

【0038】その一例を、図4を参照して説明すると、バンドルドファイバ6はファイバ径 $\phi 0.25\text{mm}$ 、コア径 $\phi 0.20\text{mm}$ の石英ガラスファイバから成る7本の光ファイバ7を集めて構成され、入射端部6aでは一直線状に7本並べ、出射端部6bでは図4(b)に示すように丸形に並べる。これにより、出射側の最大コア径は $\phi 0.70\text{mm}$ となるので、ここからの出射光は、約 $\phi 0.35\text{mm}$ のスポット径に集光される。

【0039】さらに、入射端部6aで7本の円形の光ファイバ7を一直線状に並べた場合、ビームの一部は光ファイバ間の隙間に入り入射面に入らないので、カップリング効率が落ち、ダメージの原因になるので、図4

(a)に示すように、各光ファイバ7の入射端部の両側を $0.05\text{mm}$ ずつ鏡面に研磨カットして束ねることによって有効面積 $0.15\text{mm}\times 1.1\text{mm}$ の入射コア面ができ、加熱によるダメージを防ぎ、効率良くカップリングできる。また、図4(c)に示すように、各光ファイバの出射端部6bにおいても両側を $0.05\text{mm}$ ずつ鏡面に研磨カットして断面略方形に束ねることによって最大コア径が $0.45\text{mm}\times 0.55\text{mm}$ の出射コア面を形成できる。研磨カットする長さは $20\text{mm}$ 程でよいが、入射端部から出射端部まで全長カットしてもよい。

【0040】このようにしてLDアレイスタック1からの $600\text{W}$ のLDレーザを $\phi 0.35\text{mm}$ に集光することにより、カップリング効率が $80\%$ としても約 $500\text{kJ}/\text{cm}^2$ のエネルギー密度が得られ、金属溶接に必要な $10^3\text{W}/\text{cm}^2$ のエネルギー密度が確保される。

【0041】(第5の実施形態)本実施形態は、バンドルドファイバ6の入射端部6aにおける他のバンドル構成例を示すものである。

【0042】本実施形態では、上記第4の実施形態のように光ファイバの両側を研磨カットする代わりに、図5に示すように、コアのみから成る7本の光ファイバ7を一直線状に配置するとともに、銅タングステンのような高耐熱性でレーザ光の反射率の高いバンドル具14にて拘束することで、熱に弱い接着剤を使用せずにバンドルし、またバンドル具14には水冷手段が設けられて光フ

ファイバ7に入射しきれなかった漏れエネルギーを除くように構成している。

【0043】(第6の実施形態)本実施形態では、上記実施形態で用いていたコリメート手段4と集光手段5に代えて扇形カライドレンズを用いている。

【0044】図6を参照して説明すると、複数のLD素子を各LD素子の出射方向の中心が1箇所に集中かつ光ファイバのNA以下の角度を持つ扇形に配設したLDアレイ15と、このLDアレイ15の発光長よりも大きな円弧面とLDアレイ15からの出射光をライン状の平行光にコリメートする凸鞍状の入射曲面とを備え、出力端面が円弧の中心近傍で平面カットされた扇形カライドレンズ16とを設け、扇形カライドレンズ16からの出射光をレーザ光伝送手段6の入射端面に入射するように構成している。

【0045】本実施形態によれば、集光性の悪いスロウアクシス方向に対しても各LD素子3からのレーザ光を扇形カライドレンズ16にてレーザ光伝送手段6の入射端に確実に入射させることができる。

【0046】(第7の実施形態)本実施形態では、複数のLDアレイ2を出射端面を面一にして積み重ねたLDアレイスタック1と、各LDアレイ2からの出射光をラインコリメートするコリメート手段4を備えた構成の半導体レーザ加工装置において、集光手段5に代えて複数の扇形カライドレンズを用い、レーザ光伝送手段6として複数の光ファイバ7を用いている。

【0047】本実施形態では、コリメートされたレーザ光をLDアレイ2の幅方向又はそれと直交する方向に複数分割して各分割されたラインコリメート光より大きな円弧状入射曲面を有し、出射端面が円弧の中心近傍で平面カットされた複数の扇形カライドレンズを設け、各カライドレンズからの出射光をそれぞれ対応する複数の光ファイバの入射端面に入射させ、複数の光ファイバの出射端部を丸形に集合させてそれらの出射端面に出射鏡筒8を接続している。好適には、3本の光ファイバを用い、その出射端部の側面を $120^\circ$ の角度で2面カットして三葉状に重ね合わせると、集光性を高くできる。また、4本の光ファイバを用い、その出射端部の側面を $90^\circ$ の角度で2面カットして四葉状に重ね合わせてもよい。

【0048】(第8の実施形態)本実施形態では、コリメート手段4のアライメントを行う際に、光ファイバの出射端にパワーを測定してアライメントするようにしている。

【0049】図7を参照して説明すると、複数のLD素子3を一列に配置して構成された複数のLDアレイ2をその出射端面を面一にして積み重ねたLDアレイスタック1と、各LDアレイ2毎に設けたファストアクシスコリメータレンズ4aと、各LD素子3ごとに設けたスロウアクシスコリメータレンズ4bと、これらコリメータ

レンズ4a、4bでラインコリメートされたレーザ光を集光する凸型集光レンズ（図示せず）と、集光されたレーザ光が入射端面に入射する光ファイバ7から成るレーザ光伝送手段6と、光ファイバの出射端に接続された出射鏡筒8とを備えた構成において、レーザ光伝送手段6の出射側のレーザパワーをパワーメータ17にて測定し、レーザパワーが最大になるように個々のコリメータレンズ4a、4bをアライメントするようにしている。

【0050】（第9の実施形態）本実施形態では、上記第8の実施形態においてレーザ光伝送手段6の出射端の10 パワーを測定してアライメントする代わりに、コリメート手段4の後にレーザ光の形状を検出してアライメントするようにしている。

【0051】すなわち、個々のコリメートレンズの後に基準板をLDアレイの出射端面と平行に配置し、基準板上に描いた形状に個々のLD素子3からのレーザ光がコリメートされるように各コリメータレンズ4a、4bの位置をアライメントするようにしている。

【0052】以上の各実施形態において、LDアレイスタック1として、1秒間連続点灯で50J以上の出力が20 得られる数のLDアレイを積み重ねるとともに、各LDアレイ2間に水冷のマイクロチャンネルを形成したものをを用いるのが好ましい。

【0053】また、事前に点灯デューティとパルス幅をシミュレーションチェックしてLD素子3が破損するLD動作条件設定ができないようにする手段を設けるのが好ましい。

【0054】また、LDアレイ2動作中に点灯デューティとパルス幅とLD電流とLD温度をリアルタイムでチェックする手段と、LDアレイ2が損傷しないようにLD30 電流を制限する手段を設けるのが好ましい。

【0055】

【発明の効果】本発明の半導体レーザ加工装置によれば、以上のようにLDアレイを有する平板状LDユニットと、この平板状LDユニットを積み重ねて設けたLDユニットスタックと、各平板状LDユニットから出射したレーザビームをラインコリメートするコリメート手段と、コリメートされたレーザビームを集光する集光手段と、複数の光ファイバから成り、集光されたレーザビームが入射する端面はこの光ファイバを直線状に配置し、40 出射端面は前記光ファイバを丸形に配置したバンドルドファイバと、バンドルドファイバの出射端面に接続した出射鏡筒とを設けたので、バンドルドファイバの入射端で長円形のLD光を出射端で丸形にして出射鏡筒で集光することによってエネルギー密度の高いレーザビームが得られ、レーザビームにて金属溶接や切断加工といったハイパワーを要する加工が可能となり、また従来のYAGレーザを用いた場合に比較して設備ユニットのコンパクト化、高メンテナンス性、冷却チャラーの低容量化を達成することができる。

【0056】また、バンドルドファイバが、入射端部がバンドル具によって束ねられており、このバンドル具が冷却機能を有すると、直線状に配置された各光ファイバの隙間に当たったレーザ光により受けるダメージを防ぐことができ、さらに水冷機構を持つことにより、光ファイバに入射し損ねたエネルギーを取り除くことができる。

【0057】また、バンドルドファイバを構成する各光ファイバの入射端部の側面の一侧又は両側が鏡面状態にカットされており、この面と隣接する光ファイバを接触させ、またバンドルドファイバを構成する各光ファイバの出射端部の側面の一侧又は両側が鏡面状態にカットされており、この面と隣接する光ファイバを接触させると、カップリング効率を向上することができる。

【0058】また、集光手段が、ラインコリメートされたレーザビームをLDアレイの幅方向に分割し、この分割されたレーザビームを重ね合わせるビーム結合光学系を有すると、光ファイバの入射端面に集光するための集光レンズに入射するレーザビームのスロウアクシス方向の長さを短くでき、光ファイバの入射端面における集光性が上がることにより、カップリング効率を上げることができる。

【0059】また、集光手段が、ラインコリメート後のレーザビームより大きな円弧入射曲面を有し、出射端面が円弧の中心近傍で平面カットされた扇形カライドレンズを有すると、扇形カライドレンズにて集光性の悪いスロウアクシス方向に対しても集光性が上がることにより、カップリング効率を上げることができる。

【0060】また、扇形カライドレンズを複数設け、この複数の扇形カライドレンズから出射したレーザビームが入射端面に入射する複数の光ファイバと、この複数の光ファイバの出射端面に接続した出射鏡筒を設けると、LDユニットスタックからのレーザビームをカップリング効率光ファイバの入射端面に入射させることができ、出射鏡筒からエネルギー密度の高いレーザビームを得ることができる。

【0061】また、3本の光ファイバの出射端部の側面を120°の角度で2面カットして三葉状に重ね合わせると、集光性良く出射鏡筒に接続できてエネルギー密度の高いレーザビームを得ることができる。

【0062】また、レーザダイオード素子の出射方向を1箇所集中し、かつ光ファイバのNA以下の角度を持つ扇形に配設したLDアレイを有する平板状LDユニットと、この平板状LDユニットから出射したレーザビームの幅より大きな円弧入射曲面を有し、出射端面が円弧の中心近傍で平面カットされた扇形カライドレンズと、この扇形カライドレンズから出射したレーザビームが入射端面に入射する光ファイバと、この光ファイバの出射端面に接続した出射鏡筒とを設けると、各レーザダイオード素子からのレーザ光を扇形カライドレンズにて光フ50



ファイバの入射端に確実に入射させ、出射鏡筒からエネルギー密度の高いレーザービームを得ることができる。

【0063】また、LDアレイを積み重ね、1秒間連続点灯で50J以上の出力であるとともに、各LDアレイ間に水冷のマイクロチャンネルを形成したLDユニットスタックを設けた構成とし、また点灯デューティとパルス幅をシュミレーションチェックして得られたレーザーダイオード素子の破損条件を、入力禁止にしたLD動作設定手段を設けた構成とし、またLDアレイ動作中の点灯デューティと、パルス幅と、LD電流と、LD温度とをリアルタイムで測定する手段と、LD電流を制限する手段とを備えた構成とすると、所要のハイパワーのレーザービームを出力する半導体レーザー加工装置を安定的に動作させることができる。

【0064】また、本発明の半導体レーザー加工装置の調整方法によれば、レーザーダイオード素子をスロウアクシス方向にバー状に設けたLDアレイを有する平板状LDユニットを積み重ねて設けたLDユニットスタックの、各平板状LDユニットから出射したレーザービームをラインコリメートし、コリメートされたレーザービームを光ファイバに集光し、この光ファイバから出射されたレーザービームのレーザーパワーを測定する工程と、ラインコリメートする光学系をアライメントして、この測定したレーザーパワーを最大にする工程とを有するので、最適アライメント位置を実際の光ファイバの透過率に対する最適条件で合わせ込むことができる。

【0065】また、コリメートされたレーザービームのビーム形状を、LDアレイの出射端面と平行に配置した基準板で測定する工程と、ファストアクシスコリメータレンズとスロウアクシスコリメータレンズをアライメントして、この測定したビーム形状を所定の形状にする工程によっても、最適なアライメント位置に確実に調整することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の半導体レーザー加工装置の第1の実施形態の概略構成を示し、(a)は平面図、(b)は正面図である。

\*【図2】同実施形態におけるLDアレイの斜視図である。

【図3】本発明の半導体レーザー加工装置の第3の実施形態におけるビーム結合光学系の一例の概略構成を示す平面図である。

【図4】本発明の半導体レーザー加工装置の第4の実施形態におけるバンドルドファイバの概略構成を示し、

(a)は入射端部の断面図、(b)は出射端部の一例の断面図、(c)は出射端部の他の例の断面図である。

10 【図5】本発明の半導体レーザー加工装置の第5の実施形態におけるバンドルドファイバの入射端部の斜視図である。

【図6】本発明の半導体レーザー加工装置の第6の実施形態におけるLDアレイと集光光学系を示し、(a)は平面図、(b)は縦断正面図である。

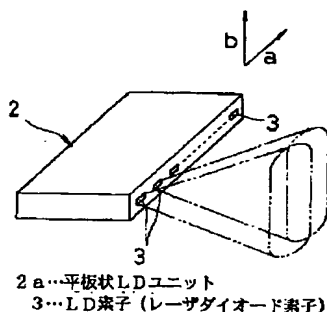
【図7】本発明の半導体レーザー加工装置の第8の実施形態におけるレンズアライメント方法を示す斜視図である。

20 【図8】従来例の半導体レーザー加工装置の概略構成を示す部分破断斜視図である。

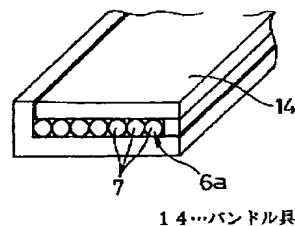
#### 【符号の説明】

- 1 LDユニットスタック
- 2 LDアレイ
- 2a 平板状LDユニット
- 3 LD素子
- 4 コリメート手段
- 5 集光手段
- 6 バンドルドファイバ(レーザー光伝送手段)
- 6a 入射端部
- 6b 出射端部
- 7 光ファイバ
- 8 出射鏡筒
- 10 ビーム結合光学系
- 14 バンドル具
- 15 LDアレイ
- 16 扇形カライドレンズ
- 17 パワーメータ

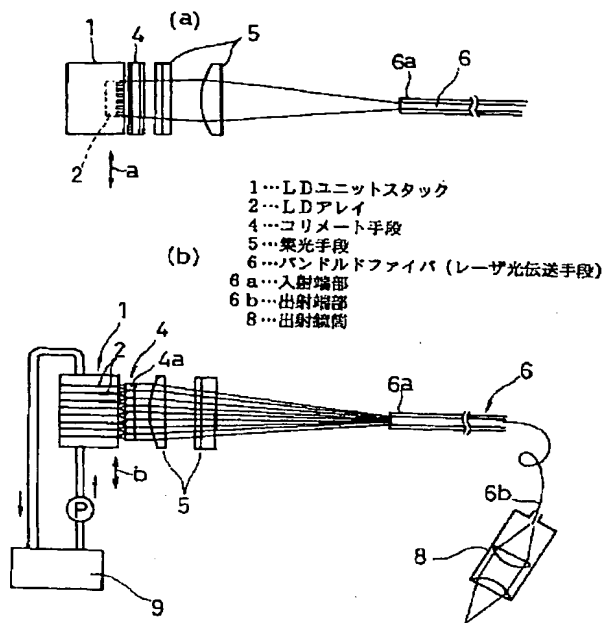
【図2】



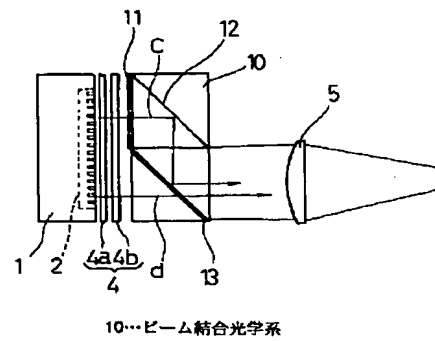
【図5】



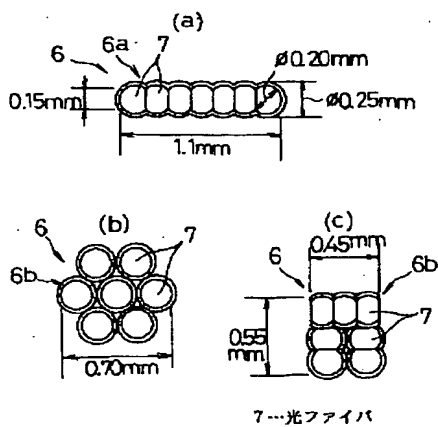
【図1】



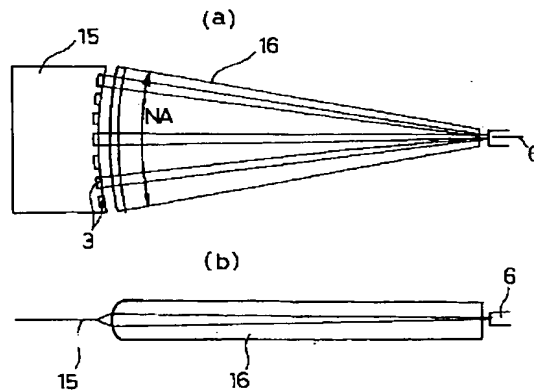
【図3】



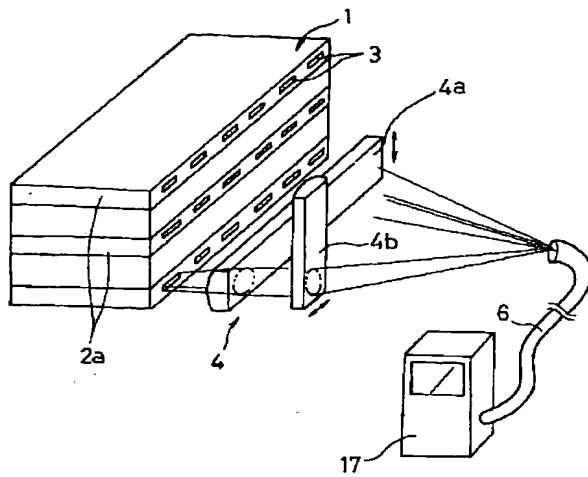
【図4】



【図6】

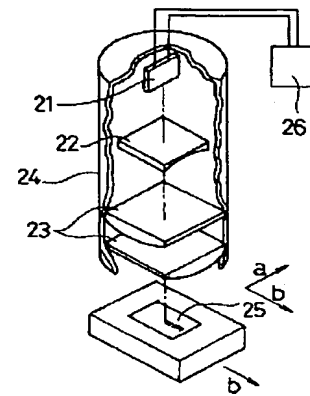


【図7】



4a…ファスト軸スリコリメータレンズ  
 4b…スロウ軸スリコリメータレンズ  
 17…パワーメータ

【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 S 5/024  
 5/40

H 0 1 S 5/024  
 5/40

F ターム (参考) 2H037 AA04 BA03 CA06 CA12 CA16  
 CA21 DA03 DA04 DA06 DA18  
 DA38  
 2H046 AA05 AA34 AA41 AA42 AA69  
 AD11  
 4E068 CA02 CD14 CE08 CK01  
 5F073 AB27 AB28 AB29 BA09 EA15  
 EA22 EA24 FA26